

УДК549.623.52:552.43+550.42

## ПЕТРОЛОГИЯ АДАКИТОВЫХ ГРАНИТОИДОВ ОЗЁРНОЙ ЗОНЫ ЗАПАДНОЙ МОНГОЛИИ

<sup>1</sup>Гусев А.И., <sup>2</sup>Отгонбаяр Д.

<sup>1</sup>Алтайская государственная академия образования им. В.М. Шукшина, Бийск,

e-mail: anzerg@mail.ru;

<sup>2</sup>Ховдский университет, Ховд

Приведены петро-геохимические данные по адакитовым гранитоидам: тоналитам, плагиогранитам Харанурского, Дзабханского, Шаратологского и Хиргиснурского плутонов Западной Монголии. Выделены 2 группы пород: высокоглинозёмистые и низкоглинозёмистые адакитовые гранитоиды. Высокоглинозёмистые плагиогранитоиды формировались в островодужной обстановке при плавлении метабазитового субстрата при высоких давлениях, превышающих 15 кбар в условиях равновесия расплава с гранат-содержащим реститом. Плавлению подвергались эклогиты. Генерация низкоглинозёмистых адакитовых гранитоидов происходила в аккреционно-коллизивной обстановке в процессе плавления метабазитов при низких давлениях (P~8 кбар) в равновесии с роговообманково-плагиоклаз-клинопироксен-ортопироксеновым реститом. Пространственно и парагенетически с адакитовыми гранитоидами Озёрной зоны Западной Монголии могут быть связаны месторождения золота и других металлов.

**Ключевые слова:** адакитовые гранитоиды, тоналиты, плагиограниты, плавление метабазитов, реститы, гранат, давление, геодинамические обстановки

## PETROLOGY OF ADAKITE GRANITOIDS OF OZERNAJA ZONE OF WESTERN MONGOLIA

<sup>1</sup>Gusev A.I., <sup>2</sup>Otgonbayar D.

<sup>1</sup>The Shukshin Altai State Academy of Education, Biisk, e-mail: anzerg@mail. ru;

<sup>2</sup>Khovd University, Khovd

Data on petro-geochemistry of adakite granitoids: tonalites and plagiogranites Kharanurskii, Dzabkhanskii, Sharatologskii and Hirkisnurskii plutons of Western Mongolia lead in paper. Two groups of rocks detached: high peraluminous and low aluminous adakite granitoids. The high peraluminous plagiogranites formed in island arc setting at melting metabasitic substrate for high pressures, exceeding 15 kbar in conditions of melting with garnet-contain restite. Eclogites were exposed melting. Generation of low aluminous adakite granitoids happened accretionary-collisional setting in process melting of metabasites at low pressures (P~ 8 kbar) in equilibrium with amphibol-plagioclase-clinopyroxen-orthopyroxen restite. Deposits of gold and other metals could connected of dimensional orientation and paragenetic with adakite granitoids of Ozernaja zone of Western Mongolia.

**Keywords:** adakite granitoids, tonalite, plagiogranites, melting of metabasites, restites, garnet, pressure, geodynamic settings

К адакитовому типу гранитоидов относятся специфические кислые интрузивные породы, обнаруживающие сходство с эффузивными адакитами. К числу таких признаков относятся очень низкие концентрации иттрия (менее 18 г/т), иттербия (менее 1,8 г/т), [11, 12] повышенные содержания ванадия и хрома, высокие нормированные к хондриту отношения лантана к иттербию (более 8-10), указывающие на сильно дифференцированный тип распределения редкоземельных элементов (РЗЭ) в породах. От других петрогенетических типов гранитоидов они отличаются также и составом биотита [1, 2, 3, 4]. Актуальность изучения этого типа гранитоидов определяется тем, что парагенетически и пространственно с ними связаны разнообразные металлические полезные ископаемые – меди, железа, золота и другие. С адакитовыми гранитоидами Калбы в Казахстане связано крупное золото-черносланцевое месторождение мирового класса Бакырчик [4], в Туве –

золото-медно-скарновое (месторождение Тардан) и золото-порфировое оруденение [6, 7, 8], в Монголии – медно-молибден-золото-порфировое месторождение Оую-Тологой. Актуальность рассмотрения петрологии адакитовых гранитоидов в Озёрной зоне Монголии не вызывает сомнений, так как в этой зоне в области распространения адакитовых гранитоидов встречаются проявления и аномалии золота, меди и других металлов. Цель исследования – изучить петрологию адакитовых гранитоидов Озёрной зоны Западной Монголии.

### Петрология адакитовых гранитоидов озёрной зоны западной монголии

На территории Озёрной зоны Западной Монголии к раннепалеозойскому возрастному интервалу относятся адакитовые гранитоиды по С.Н. Рудневу [7]: тоналит-плагиогранитной ассоциации Харанурского плутона (с абсолютной датировкой по U-Pb изотопной системе в цирконах  $531 \pm 10$  млн.

лет), тоналит-диоритовой ассоциации Дзабханского интрузива (абсолютная датировка  $529 \pm 6$  млн. лет), тоналит-плагиогранитной ассоциации Шаратологойского плутона (с возрастом  $519 \pm 8$  млн. лет), диорит-

тоналит-плагиогранитной ассоциации Хиргиснурского плутона (с возрастом  $495 \pm 2$  млн. лет).

Некоторые петрохимические данные по этим гранитоидам приведены в таблице.

Содержания некоторых компонентов в адакитовых гранитоидах Озёрной зоны Монголии (оксиды даны в масс. %, элементы – в г/т)

Породы	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Cr	V	Ni	Y	Yb
Харанурский плутон									
Тоналиты	66,26	17,03	4,55	0,42	56	64	33	3,4	0,62
Плагиограниты	73,17	16,11	5,21	0,7	50	53	29	2,9	0,47
Дзабханский массив									
Тоналиты	65,6	17,1	4,5	0,45	62	54	40	10,5	1,1
Шаратологойский плутон									
Тоналиты	66,14	14,75	4,13	0,75	52	61	31	11,5	1,3
Плагиограниты	72,55	13,96	5,21	1,3	41	52	27	8,7	0,97
Хиргиснурский плутон									
Тоналиты	65,26	17,21	3,9	0,81	49	57	29	7,7	0,55
Плагиограниты	72,88	16,35	4,1	0,95	41	51	21	6,2	0,48

Примечание. Анализы выполнены в лаборатории Испытательного Западно-Сибирского центра (г. Новокузнецк).

Тоналиты и плагиограниты Харанурского плутона характеризуются повышенными концентрациями Ba (180-480 г/т), Sr (650-430 г/т), Cr, V, Ni (табл. 1), отношениями Sr/Y (65-70) и пониженными величинами (г/т): Y (2,9-3,4), Yb (0,47-0,62), Zr (70-35), Hf (1,1-2,0), Nb (0,5-1,4), Ta (0,1-0,16). Характерно умеренное преобладание лёгких лантаноидов над тяжёлыми  $(La/Yb)_N = 3,1-13,2$ , позитивные и негативные анома-

лии Eu –  $(Eu/Eu^*) = 0,7-1,8$ . По содержаниям Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (>15 масс. %) и Yb (0,47-0,62 г/т) они отвечают плагиогранитоидам высокоглинозёмистого типа. Породы Харанурского плутона имеют высокие значения  $\epsilon_{Nd}(T) = +7,4$ , низкие  $(^{87}Sr/^{86}Sr)_0 = 0,7039$ , указывающие на мантийную составляющую в их источнике.

На диаграмме Sr/Y – Y все разновидности изученных пород Озёрной зоны попадают в поле адакитов (рис. 1).

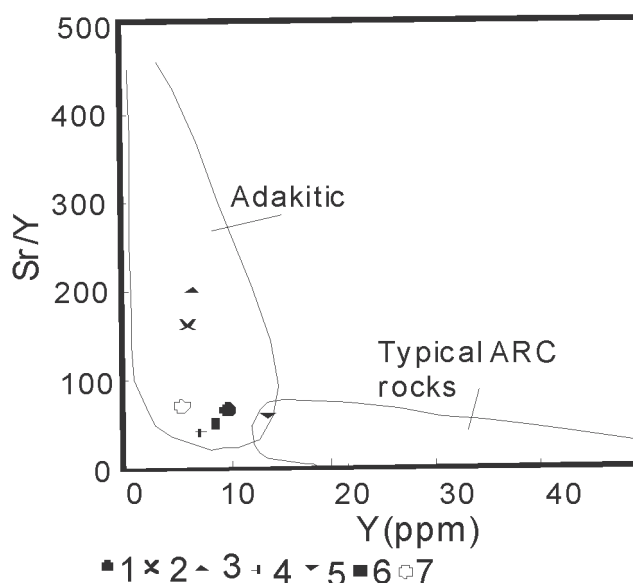


Рис. 1. Диаграмма Sr/Y – Y по [11] для пород Озёрной зоны

Поля на диаграмме по [11]: Adakitic – Адакиты, Typical ARC rocks – породы типичных андезитов, риолитов, дацитов вулканических дуг. Породы Озёрной зоны Западной Монголии: 1 – тоналиты Дзабханского интрузива; 2 – тоналиты и 3 – плагиограниты Харанурского плутона; 4 – тоналиты и 5 – плагиограниты Шаратологического

плутона; 6 – тоналиты и 7 – плагиограниты Хиргиснурского плутона.

На диаграмме  $\text{SiO}_2\text{--K}_2\text{O}$  породные типы Озёрной зоны попадают в область толеитовой серии и лишь плагиограниты Шаратологического плутона локализируются в поле известково-щелочной серии пород (рис. 2).

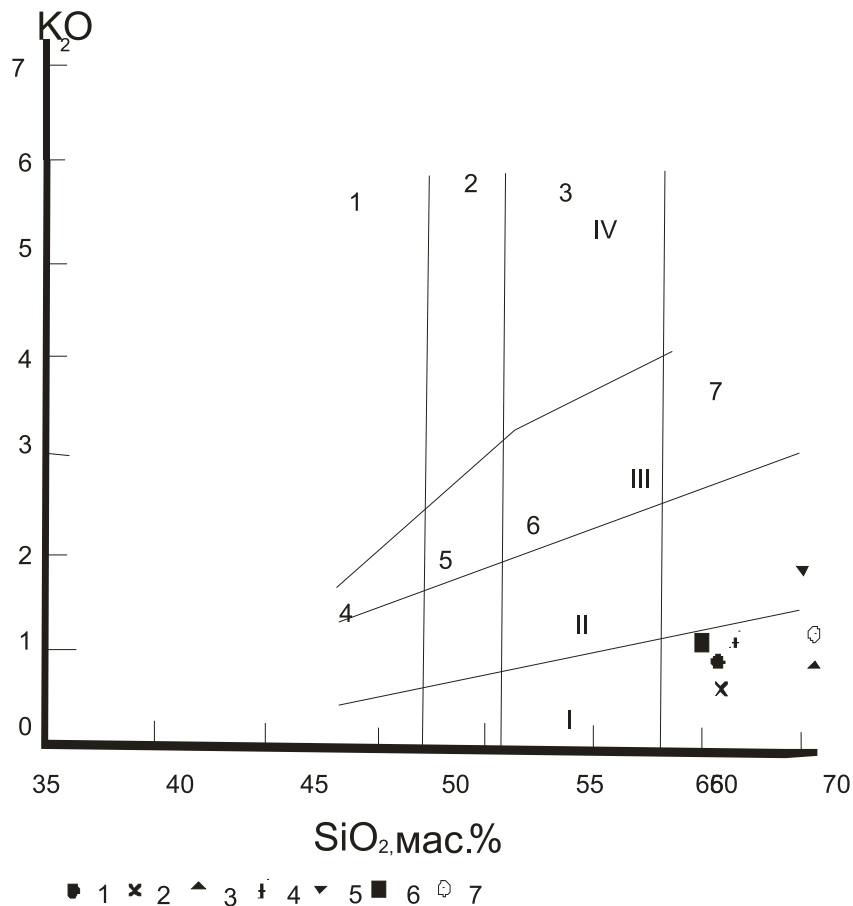


Рис. 2. Диаграмма  $\text{K}_2\text{O} - \text{SiO}_2$  для пород Озёрной зоны.

Поля пород: 1 – абсарокит; 2 – шошонит; 3 – банацит; 4 – высоко-К базальт; 5 – высоко-К андезибазальт; 6 – высоко-калиевый андезит; 7 – высоко-К дацит по [13]. Серии пород: I – толеитовая; II – известково-щелочная; III – высоко-К известково-щелочная; IV – шошонитовая.

Породы Озёрной зоны Западной Монголии: 1 – тоналиты Дзабханского интрузива; 2 – тоналиты и 3 – плагиограниты Харанурского плутона; 4 – тоналиты и 5 – плагиограниты Шаратологического плутона; 6 – тоналиты и 7 – плагиограниты Хиргиснурского плутона

На диаграмме  $\text{La}/\text{Yb}_N - \text{Yb}_N$  породные типы Озёрной зоны Западной Монголии тяготеют к тренду плавления кварцевого эклогита (рис. 3), то есть материала сильно метаморфизованной нижней коры.

Тоналиты Дзабханского интрузива характеризуются низкими концентрациями (г/т) :Rb (4,5-4,7, Ва (77-105) и высокими Sr (520-650). Содержания высоkozарядных

элементов в породах варьируют в широком диапазоне значений (г/т): Y (5,8 – 10,8), Nb (0,12-4,95), Ta (0,1-0,53), Zr (12-48), Hf (0,3-1,3). Породы Дзабханского массива имеют высокие значения  $\text{Al}_2\text{O}_3$  и относятся к высокоглинозёмистому типу плагиогранитов. Изотопные значения тоналитов имеют высокие значения  $\epsilon_{\text{Nd}} = +7,9 - +8,0$  и низкие  $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_0 = 0,7037$ .

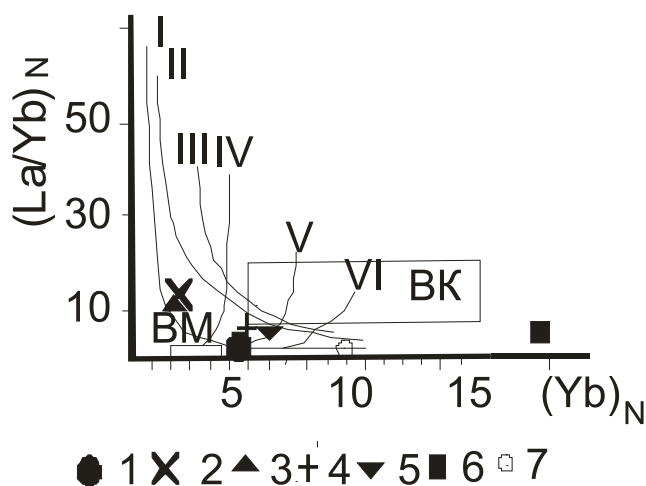


Рис. 3. Диаграмма  $(La/Yb)_N - (Yb)_N$  по Barbarin [10], для пород Озёрной зоны Монголии.

Тренды плавления различных источников:

- I – кварцевые эклогиты; II – гранатовые амфиболиты; III – амфиболиты;
- IV – гранатосодержащая мантия, с содержанием граната 10%; V – гранатосодержащая мантия, с содержанием граната 5%; VI – гранатосодержащая мантия, с содержанием граната 3%;
- BM – верхняя мантия; BK – верхняя кора. Остальные словные см. на рис. 1

Тоналиты и плагиограниты Шаратогольского плутона имеют сравнительно низкие концентрации  $K_2O$  (0,7-2,4 масс.%), Rb (15-55 г/т), широкие вариации Ba (400-890 г/т), Sr (220-610 г/т), Nb (1,5-5,0 г/т), Ta (0,1-0,5 г/т), Y (8,5-15,7 г/т), Zr (65-240 г/т), Hf (2,0-6,2 г/т). По индикаторным элементам ( $Al_2O_3 < 15$  масс. % и  $Yb = 0,90 - 1,45$  г/т) они отвечают плагиогранитоидам низкоглинозёмистого типа. По изотопным характеристикам пород ( $\epsilon_{Nd} = +6,5 - +6,6$ ;  $(^{87}Sr/^{86}Sr)_0 = 0,7038-0,7039$ ) они являются типичными для плагиогранитоидов островодужного этапа.

Породы Хиргиснурского плутона, в отличие от Шаратогольского, относятся к высокоглинозёмистым плагиогранитоидам, в них повышенные содержания  $Al_2O_3 > 15$  масс. % и низкие  $Yb = 0,26 - 0,55$  г/т. Тоналиты и плагиограниты этого плутона характеризуются следующими содержаниями элементов (г/т): Nb (0,5-1,1), Ta (0,07-0,12), Y (4,4-8,5), Zr (78-118), Hf (2,6-4,1), Ba (310-500), Sr (815-1000). Породы Хиргиснурского плутона характеризуются преобладанием лёгких лантаноидов над тяжёлыми (10,5-22,0), указывающим сильно дифференцированный типа распределения РЗЭ.

**Интерпретация результатов.** Приведенные данные свидетельствуют о наличии в составе адакитовых гранитоидов Озёрной зоны двух групп: низкоглинозёмистых ( $Al_2O_3$  менее 15%) и высокоглинозёмистых ( $Al_2O_3$  более 15%). При этом высокоглино-

зёмистые адакитовые гранитоиды Харанурского, Дзабханского и Хиргиснурского плутонов относятся к тоналит-трондjemитовой серии магматитов, для которых применима метабазитовая модель формирования, предусматривающая возможность образования тоналит-плагиогранитоидных магм при дегидратированном плавлении мафических субстратов в диапазоне давлений от 3 до 25 кбар. и температурах 900 – 1100 °С. Плавлению подвергались высоко метаморфизованные нижне коровые субстраты, представленные эклогитами. По изотопно-геохимическим данным плагиогранитоиды таких комплексов относятся к  $+\epsilon_{Nd}$  – типу ( $\epsilon_{Nd}(0) = +3,8$ ; с широким диапазоном значений  $\epsilon_{Nd}(T) =$  от + 3,9 до +7,5), а по петрогеохимическим – к высокоглинозёмистым плагиогранитам [12] и высококремнистым адакитам [12]. Необходимым условием генерации плагиогранитоидов такого типа служит высокое давление (больше или равное 10-12 кбар) и равновесие расплава с гранатосодержащим реститом. Их формирование происходило в островодужной обстановке и плавлению подвергались высоко метаморфизованные нижнекоровые образования, представленные эклогитами..

Низкоглинозёмистые адакитовые гранитоиды Шаратогольского плутона дают очень узкий предел вариации  $\epsilon_{Nd}(T) =$  от + 6,5 до + 6,6. Они формировались при значительно меньших давлениях, в интервале от 3 до 9 кбар [14] в равновесии с роговообманково-плагиоклаз-клинопироксен- орто-

пироксеновым реститом. Генерация низкоглинозёмистых адакитовых гранитоидов Шаратогольского плутона, вероятно, происходила в аккреционно-коллизийном этапе формирования Озёрной зоны Западной Монголии.

Данные по адакитовым гранитоидам Озёрной зоны Монголии позволяют склониться к комбинированному механизму их генерации. Ближе всего комбинация модели возрастающего плавления субдуцирующего слэба, в котором отмечается переход от процесса дегидратации слэба к частичному плавлению и значительной роли метасоматизирующих флюидов мантийного клина в формировании адакитовых гранитоидов. Такими флюидами могли быть трансмагматические флюиды, участвовавшие в генерации поздних фаз становления глубинных магматических очагов в виде заключительных дериватов и дайковых образований, подтоку более восстановленных флюидов [1], игравших важную роль в формировании наиболее концентрированного и масштабного оруденения бакырчикского золото-черносланцевого типа.

### Заключение

Таким образом, в Озёрной зоне Западной Монголии развиты плагиогранитоиды адакитовой близости 2 групп: 1 – высокоглинозёмистые, формировавшиеся в островодужной обстановке при плавлении метабазитового источника при давлении > 15 кбар, в равновесии с роговобманково-клинопироксен-плагиоклаз-гранатовым реститом, погружающейся в зоне субдукции океанической плиты; субстрат плавления для них был высоко метаморфизованный материал нижней коры, представленный эклогитами; 2 – низкоглинозёмистые плагиогранитоиды с адакитовой близостью, формировавшихся при меньших давлениях, в интервале от 3 до 9 кбар в равновесии с роговобманково-плагиоклаз-клинопироксен- ортопироксеновым реститом. Ге-

нерация низкоглинозёмистых адакитовых гранитоидов Шаратогольского плутона, вероятно, происходила в аккреционно-коллизийном этапе формирования Озёрной зоны Западной Монголии.

### Список литературы

1. Гусев А.И., Гусев Н.И. Магмо-флюидодинамическая концепция эндогенного рудообразования на примере Горного Алтая и других регионов // Региональная геология и металлогения, Санкт-Петербург, 2005. – № 23. – С. 119-129.
2. Гусев А.И., Гусев Н.И., Васильченко Т.А. Адакитовые гранитоиды Рудного Алтая // Известия Бийского отделения русского географ. общества, 2009. – Вып. 30. – С. 12-18.
3. Гусев А.И. Типизация гранитоидов на основе составов биотитов // Успехи современного естествознания, 2009. – № 4. – С. 54-57.
4. Гусев А.И. Классификация гранитоидов на основе составов биотитов // Успехи современного естествознания, 2010. – № 4. – С. 57-59.
5. Гусев А.И., Гусев Н.И. Возрастные группы и петрология адакитовых гранитоидов Центрально-Азиатского складчатого пояса // Международный журнал экспериментального образования, 2010. – № 9. – С. 75-80.
6. Коробейников А.Ф., Гусев А.И., Русанов Г.Г. Адакитовые гранитоиды Калбы: петрология и рудоносность // Известия Томского политехнического университета, 2010. – Т. 316. – № 1. – С. 31-38.
7. Коробейников А.Ф., Ананьев Ю.С., Гусев А.И. Мантийно-коровые рудообразующие системы, концентрирующие благородные металлы. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 262 с.
8. Коробейников А.Ф., Ананьев Ю.С., Гусев А.И. и др. Рудно-метасоматическая и геохимическая зональность золоторудных полей и месторождений складчатых поясов Сибири. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 458 с.
9. Руднев С.Н. Раннепалеозойский гранитоидный магматизм Алтае-Саянской складчатой области и Озёрной зоны Западной Монголии / Автореферат диссертации на соискание учёной степени доктора геолого-минералогических наук. – Новосибирск, 2010. – 35 с.
10. Barbarin B. Granitoids: main petrogenetic classifications in relation to origin and tectonic setting // Geol. Journ. – 1990. –V. 25. – Pp. 227-238.
11. Defant M.J., Drummond M.S. Derivation of some modern arc magmas by melting of young subducted lithosphere // Nature. – 1990. – V.347. – № 4. – P. 662-665.
12. Martin H. Adakitic magmas: modern analogues of Archean granitoids // Lithos. – 1999. –V.46. – P.411-429.
13. Peccerillo A., Taylor S.R. Geochemistry of Eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastomonon area, northern Turkey // Contrib. Mineral. Petrol, 1976. – V.58. – P. 63-81.
14. Rapp R.P., Watson E.B. Dehydration melting of metabasalt at 8-32 kbar: implications for continental growth and crustal-mantle recycling // J. Petrol., 1995. – V. 36. – P. 891-931.